



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
31.12.2008 Bulletin 2009/01

(51) Int Cl.:
H04J 14/08 ^(2006.01) **H04J 14/02** ^(2006.01)
H04L 7/00 ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **08305348.8**

(22) Date de dépôt: **27.06.2008**

(84) Etats contractants désignés:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR
Etats d'extension désignés:
AL BA MK RS

(72) Inventeurs:
• **Zami, Thierry**
91300, MASSY (FR)
• **Lorcy, Laurence**
77310, ST FARGEAU PONTIERRY (FR)

(30) Priorité: **29.06.2007 FR 0704720**

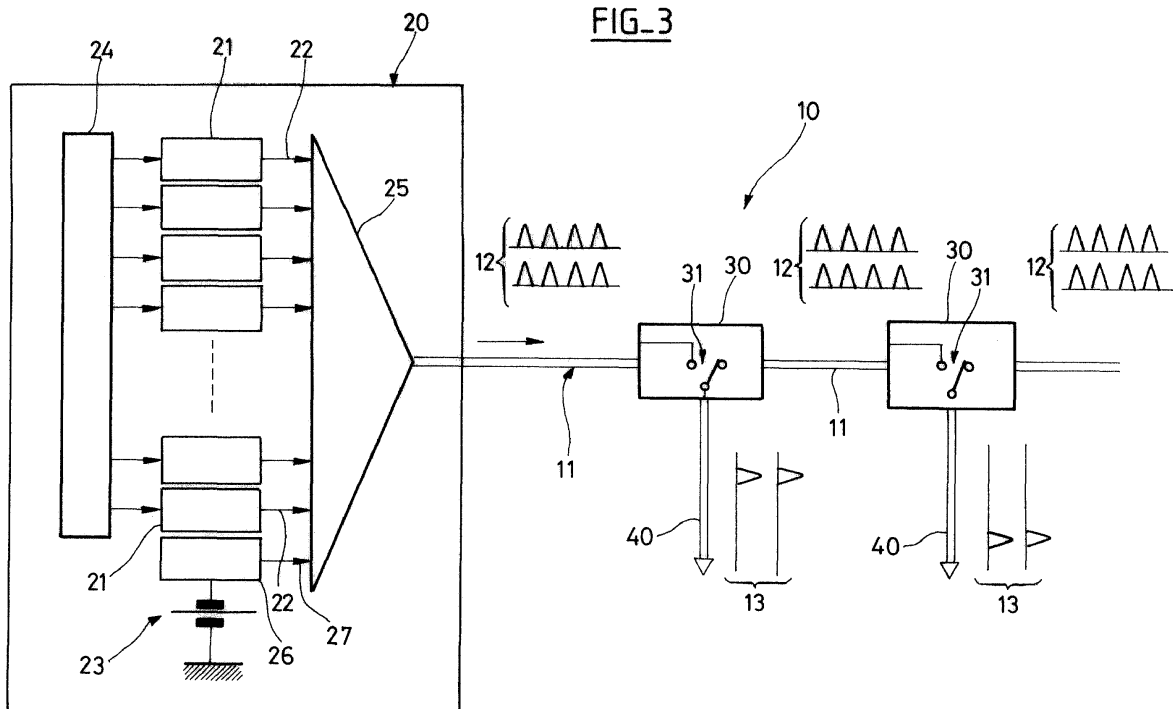
(74) Mandataire: **Thibaud, Jean-Baptiste**
Alcatel Lucent
Intellectual Property & Standards
54 rue La Boétie
75008 Paris (FR)

(71) Demandeur: **Alcatel Lucent**
75008 Paris (FR)

(54) **Dispositif de démultiplexage temporel optique**

(57) Un dispositif de démultiplexage optique (30) reçoit un signal optique à multiplexage mixte en longueur d'onde et dans le temps (12), incluant un premier canal de longueur d'onde (22) portant une première pluralité de canaux temporels entrelacés dans le temps et un deuxième canal de longueur d'onde (22) portant une deuxième pluralité de canaux temporels entrelacés dans le temps. Une porte optique (31) arrête ou fait passer lesdits canaux de longueur d'onde vers une section de

sortie (40). La porte optique est pilotée en synchronisation avec lesdits canaux temporels de manière à faire passer sélectivement vers ladite section de sortie au moins un canal temporel de ladite première pluralité et au moins un canal temporel de ladite deuxième pluralité de manière simultanée. Un canal de longueur d'onde (27) porte un signal d'horloge ayant une fréquence égale à la cadence de répétition commune des canaux temporels pour piloter la porte optique.



Description

[0001] L'invention se rapporte au domaine des communications optiques, et en particulier aux systèmes de communication employant des techniques de multiplexage en longueur d'onde (WDM) et dans le temps (TDM).

[0002] Pour accroître le débit d'information transporté par un lien optique, on peut combiner des flux d'information par une technique de multiplexage en longueur d'onde (WDM) ou de multiplexage dans le temps (TDM). La technique WDM consiste à envoyer dans un même milieu de propagation plusieurs longueurs d'ondes porteuses, appelées canaux de longueur d'onde, qui portent des flux d'information respectifs. La technique TDM consiste à produire un canal de longueur d'onde modulé à une haute cadence en intercalant dans le temps les bits de plusieurs flux d'information, appelés canaux temporels ou affluents, ayant une cadence plus faible. Parmi les techniques TDM, on distingue les techniques OTDM lorsque la modulation est générée de manière optique et ETDM lorsque la modulation est générée de manière électronique.

[0003] Avec le déploiement de systèmes optiques dans différents types de réseaux de communication, par exemple réseaux de coeur, réseaux métropolitains et réseaux d'accès, il existe un besoin pour des dispositifs capables d'interconnecter des réseaux optiques ayant différentes exigences en termes de débit.

[0004] Pour cela, l'invention fournit un dispositif de démultiplexage optique, caractérisé par le fait qu'il comporte :

une section d'entrée pour recevoir un signal optique à multiplexage mixte en longueur d'onde et dans le temps, ledit signal optique incluant un premier canal de longueur d'onde portant une première pluralité de canaux temporels entrelacés dans le temps et un deuxième canal de longueur d'onde portant une deuxième pluralité de canaux temporels entrelacés dans le temps, les canaux temporels des première et deuxième pluralités présentant une cadence de répétition commune,

une porte optique pour sélectivement arrêter ou faire passer lesdits canaux de longueur d'onde vers une section de sortie dudit dispositif de démultiplexage optique, et des moyens de pilotage pour piloter ladite porte optique en synchronisation avec lesdits canaux temporels de manière à faire passer sélectivement vers ladite section de sortie au moins un canal temporel de ladite première pluralité et au moins un canal temporel de ladite deuxième pluralité de manière simultanée.

[0005] Selon d'autres modes de réalisation avantageux, le dispositif de démultiplexage optique peut présenter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- un récepteur optoélectronique couplé à la section

d'entrée pour recevoir un canal de longueur d'onde portant un signal d'horloge ayant une fréquence égale à la cadence de répétition commune des canaux temporels ou à un multiple ou sous-multiple de cette cadence, lesdits moyens de pilotage comprenant un générateur de signal pour engendrer un signal de commande de la porte optique en fonction dudit signal d'horloge.

- un dispositif de séparation optique pour séparer le canal de longueur d'onde portant le signal d'horloge dudit signal optique à multiplexage mixte reçu dans la section d'entrée.
- au moins un retardateur optique réglable agencé pour appliquer un retard choisi à un desdits canaux de longueur d'onde, un tel élément pouvant servir à sélectionner un canal temporel à extraire et/ou à resynchroniser les canaux temporels portés par différentes longueurs d'onde.
- des moyens optiques de synchronisation pour synchroniser les première et deuxième pluralités de canaux temporels, notamment sous la forme de retardateurs optiques réglables.
- au moins une boucle de rétroaction pour piloter les moyens optiques de synchronisation en fonction du signal optique passé par ladite porte optique.
- un dispositif de récupération d'horloge à large bande pour effectuer une récupération d'horloge sur un des canaux de longueur d'onde portant une modulation TDM.

[0006] Avantageusement, ledit au moins un retardateur optique réglable est agencé entre un dispositif de séparation optique pour séparer lesdits premier et deuxième canaux de longueur d'onde et un dispositif de combinaison optique pour recombinaison lesdits premier et deuxième canaux de longueur d'onde en direction de ladite porte optique.

[0007] Selon un mode de réalisation, la boucle de rétroaction comporte un récepteur optoélectronique agencé pour recevoir un signal optique passé par ladite porte optique et correspondant à un desdits canaux de longueur d'onde, ledit récepteur optoélectronique étant couplé à un circuit de commande pour régler un retardateur optique dédié audit canal de longueur d'onde.

[0008] La porte optique peut être réalisée avec de nombreuses techniques, par exemple du type qui présente un état passant en transmission ou en réflexion et qui est piloté par un signal de commande optique ou électrique.

[0009] Selon un mode de réalisation particulier, la section d'entrée est reliée à un premier sous-réseau optique à multiplexage en longueur d'onde présentant un premier débit de données et que ladite section de sortie est reliée à un deuxième sous-réseau optique à multiplexage en longueur d'onde présentant un deuxième débit de données inférieur audit premier débit de données.

[0010] L'invention fournit aussi un procédé de transport de signaux optiques comprenant les étapes consis-

tant à :

engendrer un signal de données comportant au moins un canal de longueur d'onde portant une pluralité de canaux temporels entrelacés dans le temps, engendrer un signal d'horloge sur un canal de longueur d'onde différent dudit signal de données, ledit signal d'horloge ayant une fréquence égale à une cadence de répétition desdits canaux temporels ou à un multiple ou sous-multiple de cette cadence, transporter le signal de données et le signal d'horloge par multiplexage en longueur d'onde dans un milieu de propagation jusques au moins un dispositif de démultiplexage optique, piloter ledit dispositif de démultiplexage à l'aide dudit signal d'horloge de manière à extraire sélectivement au moins un canal temporel dudit signal de données.

[0011] De préférence, le signal de données comporte aussi au moins un deuxième canal de longueur d'onde portant une deuxième pluralité de canaux temporels entrelacés dans le temps, ladite deuxième pluralité de canaux temporels ayant une cadence de répétition commune avec la première pluralité de canaux temporels, et l'on pilote ledit dispositif de démultiplexage à l'aide dudit signal d'horloge de manière à extraire sélectivement au moins un canal temporel des premier et deuxième canaux de longueur d'onde simultanément. Le dispositif de démultiplexage peut être du type défini précédemment.

[0012] Avantageusement, on transporte le signal d'horloge et ledit signal de données dans un support optique auquel est reliée une pluralité de dispositifs de démultiplexage pour piloter ladite pluralité de dispositifs de démultiplexage à l'aide du signal d'horloge.

[0013] L'invention fournit également un dispositif de transmission de signaux optiques qui comporte :

au moins un transmetteur optique à cadence haute pour engendrer au moins un signal optique à multiplexage dans le temps comprenant un canal de longueur d'onde portant une pluralité de canaux temporels entrelacés dans le temps, un transmetteur optique à cadence basse pour engendrer un signal d'horloge comprenant un autre canal de longueur d'onde modulé à une fréquence égale à une cadence de répétition desdits canaux temporels ou à un multiple ou sous-multiple de cette cadence, et un moyen de combinaison optique pour combiner ledit au moins un signal optique à multiplexage dans le temps et ledit signal d'horloge par multiplexage en longueur d'onde dans un milieu de propagation.

[0014] Selon un mode de réalisation préféré, le dispositif de transmission comporte une pluralité de transmetteurs optiques à cadence haute pour engendrer une pluralité de signaux optiques à multiplexage dans le temps sur des canaux de longueur d'onde différents.

[0015] L'invention sera mieux comprise, et d'autres buts, détails, caractéristiques et avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement au cours de la description suivante de plusieurs modes de réalisation particuliers de l'invention, donnés uniquement à titre illustratif et non limitatif, en référence aux dessins annexés. Sur ces dessins :

La figure 1 représente un mode de réalisation d'un signal optique à multiplexage mixte en longueur d'onde et dans le temps,

La figure 2 représente un autre mode de réalisation d'un signal optique à multiplexage mixte en longueur d'onde et dans le temps,

La figure 3 représente un mode de réalisation d'un réseau optique mettant en oeuvre le signal de la figure 1 ou 2,

La figure 4 est un chronogramme expliquant le fonctionnement d'un dispositif de démultiplexage selon un mode de réalisation de l'invention,

Les figures 5 à 7 et 9 à 12 représentent plusieurs modes de réalisation de dispositifs de démultiplexage utilisables dans le réseau de la figure 3,

La figure 8 représente un autre mode de réalisation d'un réseau optique mettant en oeuvre un signal optique à multiplexage mixte en longueur d'onde et dans le temps.

[0016] Pour transporter des flux d'information à des débits très élevés et fortement modulaires, il est possible d'utiliser un ou plusieurs signaux TDM. Dans un signal TDM, les données sont distribuées dans plusieurs canaux temporels qui sont entrelacés dans le temps. La cadence de modulation des données est donc supérieure à la cadence de répétition des canaux temporels. Par exemple, pour un signal TDM comportant M canaux temporels, où M est un entier supérieur à 1, ayant une cadence de répétition f, la cadence de modulation des données est $M \cdot f$. Le débit de données du signal TDM est égal à la somme des débits de ses canaux temporels.

[0017] On appelle signal optique à multiplexage mixte en longueur d'onde et dans le temps, ou de manière brève signal TDM-WDM, un ensemble de plusieurs signaux TDM transportés sur différents canaux de longueur d'onde et multiplexés en longueur d'onde sur un support de propagation commun. Le débit de données du signal TDM-WDM est égal à la somme des débits de ses canaux de longueur d'onde.

[0018] Dans la présente description, on considère des signaux TDM-WDM dans lesquels la cadence de répétition des canaux temporels est la même sur plusieurs canaux de longueur d'onde. Ceci permet de manipuler des canaux temporels de plusieurs canaux de longueur d'onde en une seule opération en restant dans le domaine optique, par exemple pour extraire ou commuter des canaux temporels d'un signal TDM-WDM. L'avantage des techniques tout-optiques sur les techniques électro- optiques pour réaliser de telles fonctions est une meilleure

extensibilité vers les très hauts débits, une moindre dépendance entre débit et consommation de puissance, et potentiellement un moindre coût global, surtout à très haut débit.

[0019] La figure 1 représente schématiquement un exemple de signal à multiplexage mixte TDM-WDM. Dans un milieu de propagation 1, par exemple une fibre optique, on a multiplexé des canaux de longueur d'onde λ_1 , λ_2 et λ_3 qui portent chacun un signal TDM respectif. Chaque signal TDM comporte ici quatre canaux temporels respectifs entrelacés dans le temps, à savoir C11, C12, C13 et C14 sur λ_1 , C21, C22, C23 et C24 sur λ_2 et C31, C32, C33 et C34 sur λ_3 . La période de répétition des canaux temporels est la même sur les trois canaux de longueur d'onde. Cette période de répétition représentée par la flèche TR est donc égale à quatre fois la période de modulation des données sur un canal de longueur d'onde, représentée par la flèche TM.

[0020] Un signal TDM permet de transporter des données jusqu'à des débits très élevés, même au-delà des vitesses maximales atteignables par les circuits électroniques actuels. Par exemple, le débit d'un signal TDM sur la figure 1 peut être 10, 40 ou 100 Gbit/s, ce qui correspond respectivement à 2,5, 10 ou 25 Gbit/s par canal temporel. Démoduler de manière électronique un signal TDM peut donc nécessiter des composants électroniques très rapides et coûteux, voire même être impossible.

[0021] Dans l'exemple représenté sur la figure 2, le signal à multiplexage mixte TDM-WDM est multiplexé avec un autre canal de longueur d'onde λ_0 portant des impulsions d'horloge dont la fréquence est inférieure à la fréquence de modulation des données sur les canaux λ_1 , λ_2 et λ_3 . La fréquence d'horloge apparaissant sur la figure est égale à la cadence de répétition des canaux temporels, mais elle pourrait aussi être égale à un multiple ou un sous-multiple de cette cadence de répétition. Le signal d'horloge optique transporté sur un canal de longueur d'onde multiplexé avec le signal TDM-WDM peut servir à piloter des dispositifs de sous-échantillonnage pour extraire des canaux temporels du signal TDM-WDM. Pour réaliser cette fonction, il est suffisant de disposer d'un signal d'horloge de fréquence égale à la cadence de répétition des canaux temporels, qui peut donc être nettement plus basse que la fréquence de modulation des données. Une récupération d'horloge à partir de ce signal peut donc être effectuée par une simple détection de signal avec des composants électroniques moins coûteux que pour effectuer une véritable récupération d'horloge à partir d'un signal de données TDM comme λ_1 .

[0022] Les nombres de canaux de longueur d'onde et de canaux temporels apparaissant sur les figures et les débits correspondants sont donnés à titre purement illustratif et non limitatif. Les données ont été représentées dans un codage de type retour-à-zéro (RZ). Toutefois, d'autres types de codage peuvent aussi être utilisés. Sur les figures, les canaux temporels des différents canaux

de longueur d'onde sont représentés comme synchrones. Bien qu'un tel synchronisme soit souhaitable, il se peut en pratique qu'il y ait des décalages temporels entre les canaux de longueur d'onde, par exemple du fait de la dispersion chromatique, notamment après une longue distance de propagation. Dans ce cas, il peut être utile de resynchroniser les canaux temporels avant de procéder à leur extraction, comme il sera expliqué plus bas.

[0023] En référence à la figure 3, on décrit maintenant un réseau de transport de données optique 10 utilisant un signal TDM-WDM. Le réseau 10 comporte schématiquement un transmetteur TDM-WDM 20 et des noeuds démultiplexeurs 30 reliés au transmetteur 20 par un lien optique principal 11.

[0024] Le transmetteur TDM-WDM 20 comporte essentiellement un ou plusieurs transmetteurs TDM 21 qui reçoivent les données à transmettre depuis un module de stockage 24, comprenant par exemple une ou plusieurs mémoires, et qui génèrent chacun un signal TDM 22 sur un canal de longueur d'onde distinct. De préférence, les transmetteurs TDM 21 fonctionnent de manière synchrone pour que les canaux temporels modulés sur les différents canaux de longueur d'onde soient synchrones, ou du moins qu'ils aient entre eux des relations de phases fixes. Pour cela, une horloge commune 23 peut être employée. Six transmetteurs TDM 21 sont représentés à titre illustratif, mais ce nombre peut être quelconque. Un élément de combinaison optique 25, par exemple un multiplexeur de longueurs d'ondes ou un coupleur Nx1, combine les signaux TDM 22 pour les injecter sur le lien optique 11 par multiplexage spectral. Si on utilise aussi un signal d'horloge optique à plus basse cadence, il peut être produit par un transmetteur optique 26 également piloté par l'horloge commune 23 pour être synchronisé avec les canaux temporels des signaux 22. Pour cela, un diviseur de fréquence peut être prévu entre l'horloge commune 23 et le transmetteur optique 26. Le cas échéant, le signal d'horloge 27 est également injecté sur le lien optique 11 par l'élément de combinaison optique 25.

[0025] Le signal TDM-WDM résultant, représenté schématiquement au chiffre 12, peut transporter des données à un débit très élevé vers un ou plusieurs noeuds démultiplexeurs 30. En particulier, l'optique permet de réaliser facilement une distribution multipoint des données et, le cas échéant, du signal d'horloge 27. La fonction d'un noeud démultiplexeur 30 est d'extraire une partie du trafic du signal 12 pour la distribuer sur un lien optique secondaire 40 à plus bas débit. L'extraction peut être effectuée avec ou sans effacement des données extraites sur le lien principal 11. De préférence, l'extraction est effectuée dans le domaine optique. Un avantage du multiplexage mixte TDM-WDM est d'offrir une forte modularité du trafic pouvant être extrait. En effet, au niveau des noeuds démultiplexeurs 30, des techniques de démultiplexage temporel et de démultiplexage spectral peuvent être utilisées, éventuellement de manière combinée, pour extraire un ou plusieurs des canaux de lon-

gueur d'onde, ou bien un ou plusieurs canaux temporels portés sur un ou plusieurs des canaux de longueur d'onde.

[0026] Selon un mode de réalisation, pour extraire simultanément des canaux temporels de plusieurs canaux de longueur d'onde multiplexés, le noeud démultiplexeur 30 comporte une porte optique 31 pilotée en synchronisation avec les canaux temporels à extraire. Le cas échéant, ce pilotage peut être effectué à partir du signal d'horloge 27. Le signal WDM résultant de cette extraction est représenté schématiquement au chiffre 13. Des canaux temporels identiques ou différents peuvent ainsi être extraits au niveau des différents noeuds démultiplexeurs 30. La figure 4 représente schématiquement le fonctionnement de ce mode de réalisation. Les conventions de la figure 1 sont réutilisées. La ligne 50 représente un signal de commande de la porte optique cadencé à la fréquence de répétition des canaux temporels. Ce signal peut être produit à partir du signal d'horloge 27 ou d'une autre manière, par exemple en divisant la fréquence d'un signal d'horloge récupéré directement sur l'un des signaux TDM. Les lignes 51 et 52 représentent les signaux TDM entrant sur les canaux λ_1 et λ_2 . Les lignes 53 et 54 représentent les canaux λ_1 et λ_2 sortant sur le lien optique 40 et portant uniquement les canaux temporels extraits. Dans cet exemple, les canaux de longueur d'onde sortant sur le lien optique 40 portent donc des données modulées à une cadence égale au quart de la cadence de modulation des signaux TDM initiaux, puisqu'un canal temporel sur quatre a été extrait. Les données ont été représentées dans un codage de type retour-à-zéro (RZ). Toutefois, d'autres types de codage peuvent aussi être utilisés. Plusieurs technologies connues dans le domaine du démultiplexage TDM peuvent être utilisées pour réaliser la porte optique 31, par exemple un amplificateur laser à semi-conducteur dans un miroir boucle (SLALOM), un miroir boucle non linéaire optique (NOLM), un interféromètre non linéaire ultrarapide, un modulateur à électro-absorption (EAM), un modulateur à électro-absorption intégré de manière monolithique avec une photodiode (PD-EAM), ou un absorbant saturable (SA). Les caractéristiques importantes de cette porte optique sont sa largeur de bande spectrale, qui doit être suffisante pour traiter plusieurs canaux de longueur d'onde simultanément, sa sensibilité à la polarisation, qui devrait être préféablement très faible, et sa vitesse de transition, qui doit être compatible avec la cadence de modulation des signaux TDM. Plusieurs implantations d'un noeud démultiplexeur de ce type vont maintenant être décrites en référence aux figures 5 à 7.

[0027] Sur la figure 5, les éléments identiques ou analogues à ceux de la figure 3 portent le même chiffre de référence. La porte optique 31 est ici du type sensible à un signal de commande optique et présentant un état passant en réflexion. Il s'agit par exemple d'un absorbant saturable. Plus de détails sur un tel composant peuvent être trouvés par exemple dans « Optical 2R regenerator based on passive saturable absorber at 40 Gbit/s for

WDM long haul transmission », D. Rouvillain et al., IEEE Electronics Letters, vol. 38, No 19, pp 1113-1114. Une fraction de la puissance du signal TDM-WDM présent sur le lien principal 11 est prélevée par un coupleur 41. Ainsi, le trafic sur le lien principal 11 peut être extrait au niveau d'un noeud démultiplexeur tout en continuant son chemin vers d'autres noeuds démultiplexeurs. Le signal prélevé est envoyé à un dispositif de démultiplexage spectral 42, qui peut être fixe ou reconfigurable, par exemple un module de sélection de longueurs d'onde (WSS). Dans le noeud 130, le canal de longueur d'onde λ_0 portant le signal d'horloge fait partie des canaux qui sont démultiplexés par le dispositif de démultiplexage spectral 42, car il est utilisé pour piloter la porte optique 31. Un récepteur optoélectronique 43 reçoit ce signal d'horloge. Une source laser 44 produit des impulsions de commande optiques à partir de ce signal d'horloge avec des caractéristiques adaptées au composant 31 en termes de longueur d'onde, forme et puissance. Les autres ports de sortie du dispositif de démultiplexage spectral 42 reçoivent un canal de longueur d'onde respectif portant un signal TDM. Ces canaux de longueur d'onde traversent des lignes à retard optiques réglables respectives 45 pour resynchroniser les canaux temporels sur les différents canaux de longueur d'onde. Un multiplexeur 46 recombine les canaux de longueur d'onde synchronisés pour les envoyer dans la porte optique 31. Lorsqu'elle est dans l'état bloquant, la porte optique 31 absorbe le signal provenant du multiplexeur 46. Lorsqu'elle est dans l'état passant, la porte optique 31 réfléchit le signal provenant du multiplexeur 46. L'état passant est obtenu en saturant l'absorbant avec une impulsion optique adaptée provenant de la source 44 à travers un isolateur 47, un multiplexeur de bandes 48 et un coupleur 49. Cette impulsion est produite à la cadence d'horloge détectée par le récepteur 43. Le coupleur 49 retourne le signal réfléchi, incluant à la fois la longueur d'onde de commande et les canaux de longueur d'onde portant les données démultiplexées, en partie vers le multiplexeur 46 et en partie vers le multiplexeur de bandes 48. Le multiplexeur de bandes 48 sépare la longueur d'onde de commande, qui sera piégée par l'isolateur 47, et les canaux de longueur d'onde portant les données, qui seront amplifiés par l'amplificateur 35 et transmis vers l'interface de sortie 40 du noeud. Le multiplexeur 46 absorbe la longueur d'onde de commande et passe les canaux de longueur d'onde portant les données démultiplexées vers les ports respectifs correspondants. Ces signaux réfléchis servent à alimenter des boucles de rétroaction 60 pour piloter les lignes à retard 45. Pour chaque canal de longueur d'onde traité, un circulateur 36 envoie le signal réfléchi sur un détecteur 37, par exemple une photodiode, qui mesure ainsi la puissance de l'impulsion réfléchie (donc démultiplexée) à la longueur d'onde correspondante. Cette puissance est un paramètre approprié pour optimiser le réglage de la ligne à retard 45 en recherchant toujours une puissance maximum. En effet, une baisse de cette puissance traduit le fait qu'un bit de

données porté par ce canal de longueur d'onde a été partiellement tronqué par la porte optique, donc un manque de synchronisation entre le canal temporel correspondant à ce bit et le signal d'horloge pilotant la porte 31. Un circuit de commande non représenté, par exemple de type PLL, peut être prévu entre le détecteur 37 et la ligne à retard 45 pour effectuer cette optimisation.

[0028] La sélection du ou des canaux temporels devant être extraits sur un canal de longueur d'onde peut être effectuée à l'aide d'une configuration correspondante de la ligne à retard 45 associée. Des canaux temporels de rangs égaux ou différents peuvent donc être sélectionnés sur les différents canaux de longueur d'onde. Un contrôleur de noeud 61 peut être prévu pour effectuer cette configuration de manière dynamique en réponse à des instructions 62 reçues depuis un système de gestion, non représenté, ou un plan de contrôle du réseau, par exemple du type GMPLS. Un système de gestion de réseau peut être un équipement matériel, par exemple un micro-ordinateur, une station de travail, un appareil connecté à l'Internet ou tout autre dispositif de communication dédié ou à usage général. Des programmes logiciels exécutés par ce système remplissent des fonctions de gestion du réseau pour contrôler des éléments de réseau.

[0029] Les boucles de rétroaction 60 sont nécessaires pour autant qu'une désynchronisation des canaux temporels doivent être compensée, par exemple du fait de la dispersion chromatique et des variations de température dans le réseau, ou qu'une fonction de sélection des canaux temporels par canal de longueur d'onde soit souhaitée. Dans le cas contraire, les boucles de rétroaction 60 pourraient être supprimées, ainsi que les éléments 42, 45 et 46, puisqu'il ne serait alors pas indispensable de séparer les canaux de données.

[0030] Le noeud démultiplexeur 230 de la figure 6 est similaire à celui de la figure 5, sauf la porte optique 35 qui est ici du type sensible à un signal de commande électrique. Comme indiqué par la flèche 39, ce signal de commande peut être produit directement à partir du signal de détection du récepteur 43 dans ce cas, ce qui simplifie l'architecture.

[0031] Dans le noeud démultiplexeur 330 de la figure 7, les éléments identiques ou analogues à ceux de la figure 5 portent le même chiffre de référence. La porte optique 31 est ici du type sensible à un signal de commande optique et présentant un état passant en transmission, par exemple un composant PD-EAM. Ici, l'état passant est obtenu en interrompant la puissance optique provenant de la source 44. Une ligne optique de recirculation 65 est formée avec un coupleur 66 agencé à la sortie de la porte optique 31, un isolateur optique 67 et un coupleur 68 agencé devant l'entrée de la porte optique 31. Cette ligne permet de rediriger une fraction de la puissance des signaux traversant la porte 31 vers le multiplexeur 46, pour effectuer une rétroaction sur les lignes à retard 45 de la même manière que précédemment. Ce mode de réalisation peut aussi être adapté pour une porte

optique du type sensible à un signal de commande électrique, par analogie avec la figure 6.

[0032] Dans le noeud démultiplexeur 430 de la figure 9, les éléments identiques ou analogues à ceux de la figure 5 portent le même chiffre de référence. Dans cette variante, le multiplexeur 46 comporte aussi un port pour recevoir le signal de commande optique depuis la source 44 et combiner ce signal avec les autres canaux de longueur d'onde en direction de la porte optique 31. Pour le reste, le fonctionnement est similaire au cas de la figure 5.

[0033] Dans le noeud démultiplexeur 530 de la figure 10, les éléments identiques ou analogues à ceux de la figure 7 portent le même chiffre de référence. Dans cette variante, le multiplexeur 46 comporte aussi un port pour recevoir le signal de commande optique depuis la source 44 et combiner ce signal avec les autres canaux de longueur d'onde en direction de la porte optique 31. Pour le reste, le fonctionnement est similaire au cas de la figure 7.

[0034] Dans le noeud démultiplexeur 630 de la figure 11, les éléments identiques ou analogues à ceux de la figure 9 portent le même chiffre de référence augmenté de 100. Dans cette variante, les signaux réfléchis par la porte optique 131 sont tous dirigés vers la ligne de sortie 140 par un circulateur 86 agencé entre le multiplexeur 146 et la porte optique 131. Ici, les signaux servant à alimenter les boucles de rétroaction 160 sont prélevés au niveau de la ligne de sortie 140 à l'aide d'un coupleur 87 qui alimente un démultiplexeur 88 pour séparer chaque canal de longueur d'onde. Le pilotage des lignes à retard 145 est effectué de la même manière que sur la figure 5 à partir des puissances détectées par les détecteurs 137, par exemple des photodiodes. Cette variante évite que les signaux de contre-réaction ne repassent par le même chemin que les signaux entrants. Cette variante utilise un démultiplexeur 88 supplémentaire mais fait l'économie des circulateurs initialement utilisés dans chaque voie entre les deux multiplexeurs optiques 42 et 46. Cette variante offre des pertes d'insertion globalement moins importantes car les signaux traversent moins de composants.

[0035] Dans le noeud démultiplexeur 730 de la figure 12, les éléments identiques ou analogues à ceux de la figure 11 portent le même chiffre de référence. Dans cette variante, la porte optique 131 est du type ayant un état passant en transmission. Le circulateur 86 est donc supprimé. Pour le reste, le fonctionnement est similaire au cas de la figure 11.

[0036] Les modes de réalisation des figures 11 et 12 peuvent aussi être adaptés pour une porte optique du type sensible à un signal de commande électrique, par analogie avec la figure 6. Les modes de réalisation des figures 11 et 12 peuvent aussi être adaptés au cas d'un signal de commande optique ayant un trajet externe au multiplexeur 146, par analogie avec les figures 5 et 7.

[0037] Les noeuds démultiplexeurs susmentionnés peuvent être utilisés pour interfacier deux réseaux optiques ayant des débits nominaux différents. Un exemple d'application de ce type est représenté sur la figure 8.

Dans cet exemple, le signal TDM-WDM est utilisé dans un anneau principal 70, par exemple avec une taille régionale ou métropolitaine, qui dessert cinq noeuds démultiplexeurs 71 servant d'interfaces entre l'anneau principal et des anneaux secondaires 80, par exemple avec une taille métropolitaine ou inférieure. L'anneau principal 70 et les anneaux secondaires 80 sont tous des réseaux WDM, mais la cadence de modulation des données d'un canal de longueur d'onde est plus élevée dans l'anneau principal 70, par exemple 40 Gbit/s, que dans les anneaux secondaires 80, par exemple 10 Gbit/s. Un noeud démultiplexeur 71 réalise un démultiplexage temporel, ou sous-échantillonnage, des données portées par un ou plusieurs des canaux de longueur d'onde de l'anneau 70 pour distribuer ce ou ces canaux de longueur d'onde dans l'anneau secondaire 80 associé avec une modulation plus lente, c'est-à-dire avec seulement un ou plusieurs des canaux temporels initiaux. Aucune conversion de longueur d'onde n'est nécessaire au niveau du noeud 71. En variante, une conversion de longueur d'onde peut aussi être prévue. Un anneau secondaire 80 peut desservir une pluralité de terminaux de ligne optique (OLT) 81, par exemple jusqu'à huit terminaux, avec un nombre quelconque de canaux de longueur d'onde. Au niveau d'un terminal de ligne optique 81, un réseau optique passif (PON) 82 peut être utilisé pour distribuer le trafic aux utilisateurs finaux via des unités de réseau optiques (ONU) 83. Par exemple, selon un standard actuel, un terminal de ligne optique 81 peut utiliser 32 canaux de longueur d'onde descendants modulés à 2,5 Gbit/s, ce qui correspond à une capacité de 80 Gbit/s par terminal de ligne optique 81, et à un débit nominal de 640 Gbit/s dans l'anneau secondaire 80, et donc à un débit nominal de 3,2 Tbit/s dans l'anneau principal 70. Ces ordres de grandeur peuvent donc être atteints en utilisant par exemple 80 canaux de longueur d'onde dans la bande C modulés à 40 Gbit/s dans l'anneau principal 70 et 64 canaux à 10 Gbit/s dans les anneaux secondaires 80 pour transporter les données. Pour cela, un sous-échantillonnage d'un canal temporel sur quatre est réalisé par les noeuds démultiplexeurs 71. Un avantage d'une telle architecture est d'offrir une capacité de trafic descendant très élevée tout en utilisant des modulations relativement lentes dans les anneaux secondaires 80, ce qui permet de limiter les coûts d'équipement dans les anneaux secondaires 80 voire de réutiliser une infrastructure déjà installée avec des terminaux de ligne optique 81 conçus pour fonctionner à 10Gbit/s. Comme précédemment, un canal de longueur d'onde supplémentaire peut être utilisé dans l'anneau principal 70 pour distribuer un signal d'horloge à 10 GHz.

[0038] Dans l'anneau principal 70, une tête de réseau 75 réalise une interface avec un réseau de coeur 90. La tête de réseau 75 génère le signal TDM-WDM et le signal d'horloge de manière synchrone. Pour cela, elle peut comporter par exemple un transmetteur TDM-WDM similaire à celui de la figure 3. Ce signal d'horloge présente une fréquence qui correspond de préférence à la cadence

à laquelle les noeuds démultiplexeurs 71 doivent sous-échantillonner les canaux, ou qui permet du moins d'obtenir cette cadence de manière simple. La tête de réseau 75 est aussi en charge d'affecter les flux de données à transférer, notamment les flux reçus depuis le réseau de coeur 90, à des canaux de longueur d'onde de l'anneau 70 et à des canaux temporels sur ces canaux de longueur d'onde. En fonction du volume d'un flux, celui-ci peut être affecté dans un ou plusieurs canaux temporels sur un ou plusieurs canaux de longueur d'onde. Pour cela, on peut utiliser des méthodes d'allocation de ressources connues par ailleurs, par exemple à l'aide d'un plan de contrôle GMPLS.

[0039] Bien que cela ne soit pas représenté sur la figure 8, il peut être nécessaire de prévoir des amplificateurs optiques en différents points du réseau en fonction des besoins et des distances de propagation. A titre d'exemple, la figure 5 montre un amplificateur 95 au niveau de l'entrée du noeud démultiplexeur 130. A titre indicatif, on peut fixer une consigne de puissance par canal de longueur d'onde égale à environ -30dBm au niveau de l'entrée de l'amplificateur 35.

[0040] En alternative ou en combinaison avec le récepteur prévu pour détecter le signal d'horloge sur un canal dédié, les noeuds démultiplexeurs décrits ci-dessus peuvent inclure un dispositif de récupération d'horloge plus rapide pour effectuer une réelle récupération d'horloge sur un canal de longueur d'onde portant une modulation TDM. On connaît des dispositifs de récupération d'horloge tout-optiques capables de produire un signal de récupération d'horloge dans le domaine optique et des dispositifs de récupération d'horloge optoélectroniques capables de produire un signal de récupération d'horloge dans le domaine électronique.

[0041] Bien que l'invention ait été décrite en liaison avec plusieurs modes de réalisation particuliers, il est bien évident qu'elle n'y est nullement limitée et qu'elle comprend tous les équivalents techniques des moyens décrits ainsi que leurs combinaisons si celles-ci entrent dans le cadre de l'invention.

[0042] L'usage du verbe « comporter », « comprendre » ou « inclure » et de ses formes conjuguées n'exclut pas la présence d'autres éléments ou d'autres étapes que ceux énoncés dans une revendication. L'usage de l'article indéfini « un » ou « une » pour un élément ou une étape n'exclut pas, sauf mention contraire, la présence d'une pluralité de tels éléments ou étapes.

[0043] Dans les revendications, tout signe de référence entre parenthèses ne saurait être interprété comme une limitation de la revendication.

Revendications

1. Dispositif de démultiplexage optique (30, 130, 230, 330, 430, 530 630, 730, 71), **caractérisé par le fait qu'il comporte :**

- une section d'entrée (41) pour recevoir un signal optique à multiplexage mixte en longueur d'onde et dans le temps, ledit signal optique incluant un premier canal de longueur d'onde (λ_1) portant une première pluralité de canaux temporels (C11, C12, C13, C14) entrelacés dans le temps et un deuxième canal de longueur d'onde (λ_2) portant une deuxième pluralité de canaux temporels (C21, C22, C23, C24) entrelacés dans le temps, les canaux temporels des première et deuxième pluralités présentant une cadence de répétition commune,
- une porte optique (31, 131) pour sélectivement arrêter ou faire passer ensemble lesdits premier et deuxième canaux de longueur d'onde vers une section de sortie optique dudit dispositif de démultiplexage optique,
- et des moyens de pilotage (44, 144) pour piloter ladite porte optique en synchronisation avec lesdits canaux temporels de manière à faire passer sélectivement vers ladite section de sortie optique au moins un canal temporel de ladite première pluralité et au moins un canal temporel de ladite deuxième pluralité de manière simultanée.
2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé par le fait qu'il** comporte un récepteur optoélectronique (43, 143) couplé à la section d'entrée pour recevoir un canal de longueur d'onde (λ_0) portant un signal d'horloge ayant une fréquence égale à la cadence de répétition commune des canaux temporels ou à un multiple ou sous-multiple de cette cadence, lesdits moyens de pilotage comprenant un générateur de signal (44, 144) pour engendrer un signal de commande de la porte optique en fonction dudit signal d'horloge.
 3. Dispositif selon la revendication 2, **caractérisé par le fait qu'il** comporte un dispositif de séparation optique (42, 142) pour séparer le canal de longueur d'onde portant le signal d'horloge dudit signal optique à multiplexage mixte reçu dans la section d'entrée.
 4. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé par le fait qu'il** comporte au moins un retardateur optique réglable (45, 145) agencé pour appliquer un retard choisi à un desdits canaux de longueur d'onde.
 5. Dispositif selon la revendication 4, **caractérisé par le fait que** ledit au moins un retardateur optique réglable est apte à être configuré de manière dynamique pour sélectionner un canal temporel à extraire dudit canal de longueur d'onde.
 6. Dispositif selon la revendication 5, **caractérisé par le fait qu'il** comporte un contrôleur de noeud (61) pour effectuer la configuration dudit au moins un retardateur optique réglable en réponse à des instructions reçues (62).
 7. Dispositif selon la revendication 4, **caractérisé par le fait que** ledit au moins un retardateur optique réglable est agencé entre un dispositif de séparation optique (42, 142) pour séparer lesdits premier et deuxième canaux de longueur d'onde et un dispositif de combinaison optique (46, 146) pour recombinaison lesdits premier et deuxième canaux de longueur d'onde en direction de ladite porte optique.
 8. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé par le fait qu'il** comporte des moyens optiques de synchronisation (45, 145) pour synchroniser les première et deuxième pluralités de canaux temporels.
 9. Dispositif selon la revendication 8, **caractérisé par le fait qu'il** comporte au moins une boucle de rétroaction (60, 160) pour piloter les moyens optiques de synchronisation en fonction du signal optique passé par ladite porte optique.
 10. Dispositif selon la revendication 9, **caractérisé par le fait que** ladite boucle de rétroaction comporte un récepteur optoélectronique (37, 137) agencé pour recevoir un signal optique passé par ladite porte optique et correspondant à un desdits canaux de longueur d'onde, ledit récepteur optoélectronique étant couplé à un circuit de commande pour régler un retardateur optique (45, 145) dédié audit canal de longueur d'onde.
 11. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé par le fait que** ladite porte optique (31, 131) présente un état passant en transmission.
 12. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé par le fait que** ladite porte optique (31, 131) présente un état passant en réflexion.
 13. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé par le fait que** ladite section d'entrée est reliée à un premier sous-réseau optique à multiplexage en longueur d'onde (11, 70) présentant un premier débit de données et que ladite section de sortie est reliée à un deuxième sous-réseau optique à multiplexage en longueur d'onde (40, 80) présentant un deuxième débit de données inférieur audit premier débit de données.
 14. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé par le fait qu'il** comporte un dispositif de récupération d'horloge à large bande pour effectuer une récupération d'horloge sur un des canaux de longueur d'onde portant une modulation TDM.

15. Procédé de transport de signaux optiques comprenant les étapes consistant à :

engendrer un signal de données comportant un premier canal de longueur d'onde (λ_1) portant une première pluralité de canaux temporels (C11, C12, C13, C14) entrelacés dans le temps et un deuxième canal de longueur d'onde (λ_2) portant une deuxième pluralité de canaux temporels (C21, C22, C23, C24) entrelacés dans le temps, ladite deuxième pluralité de canaux temporels ayant une cadence de répétition commune avec la première pluralité de canaux temporels" 5

engendrer un signal d'horloge sur un canal de longueur d'onde (λ_0) différent dudit signal de données, ledit signal d'horloge ayant une fréquence égale à une cadence de répétition desdits canaux temporels ou à un multiple ou sous-multiple de cette cadence, 10

transporter le signal de données et le signal d'horloge par multiplexage en longueur d'onde dans un milieu de propagation (1, 11, 70) jusqu'au moins un dispositif de démultiplexage optique comportant une porte optique (31, 131) apte à sélectivement arrêter ou faire passer ensemble lesdits premier et deuxième canaux de longueur d'onde vers une section de sortie optique dudit dispositif de démultiplexage optique, piloter la porte optique dudit dispositif de démultiplexage à l'aide dudit signal d'horloge de manière à extraire sélectivement au moins un canal temporel des premier et deuxième canaux de longueur d'onde dudit signal de données simultanément. 15 20 25 30 35

16. Procédé selon la revendication 15, **caractérisé par le fait qu'on** transporte le signal d'horloge et ledit signal de données dans un support optique (1 1, 70) auquel est reliée une pluralité de dispositifs de démultiplexage (30, 71) pour piloter ladite pluralité de dispositifs de démultiplexage à l'aide du signal d'horloge. 40

45

50

55

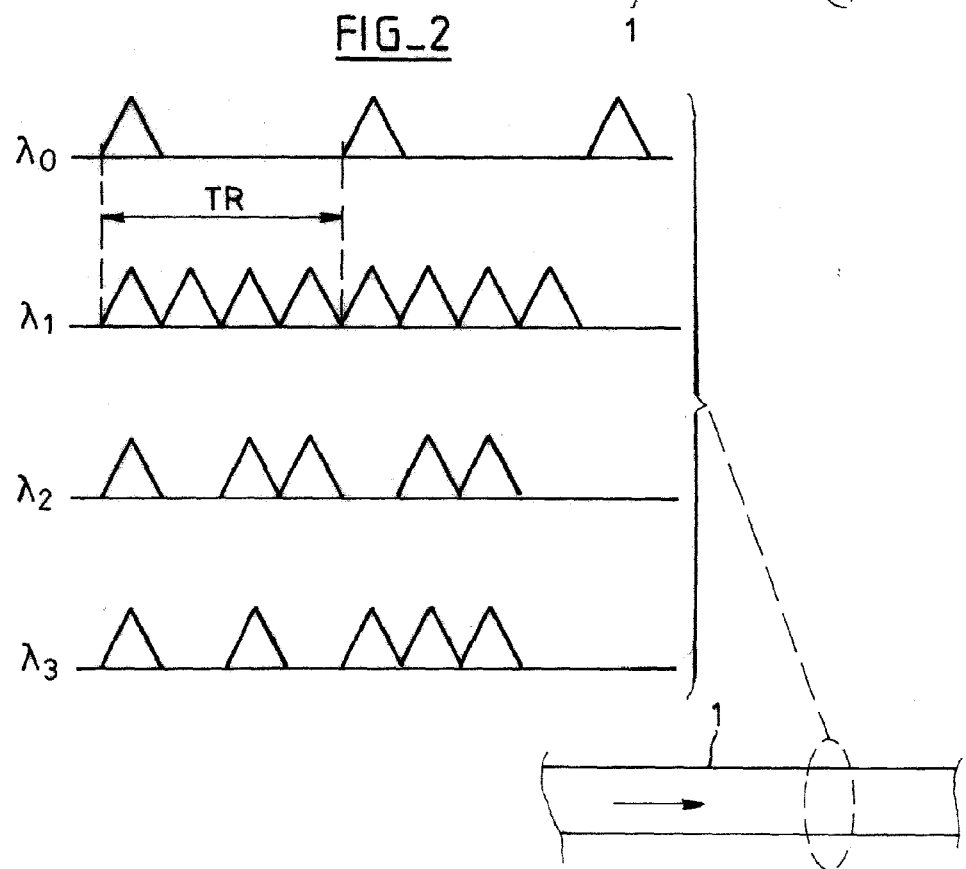
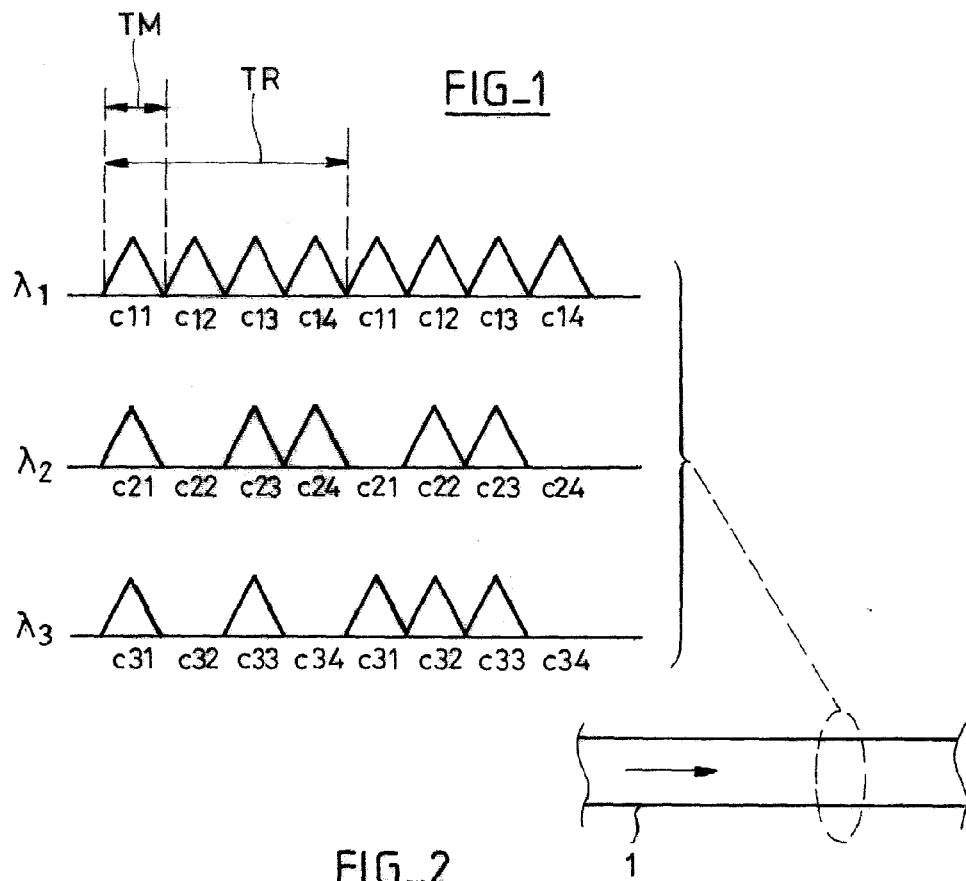
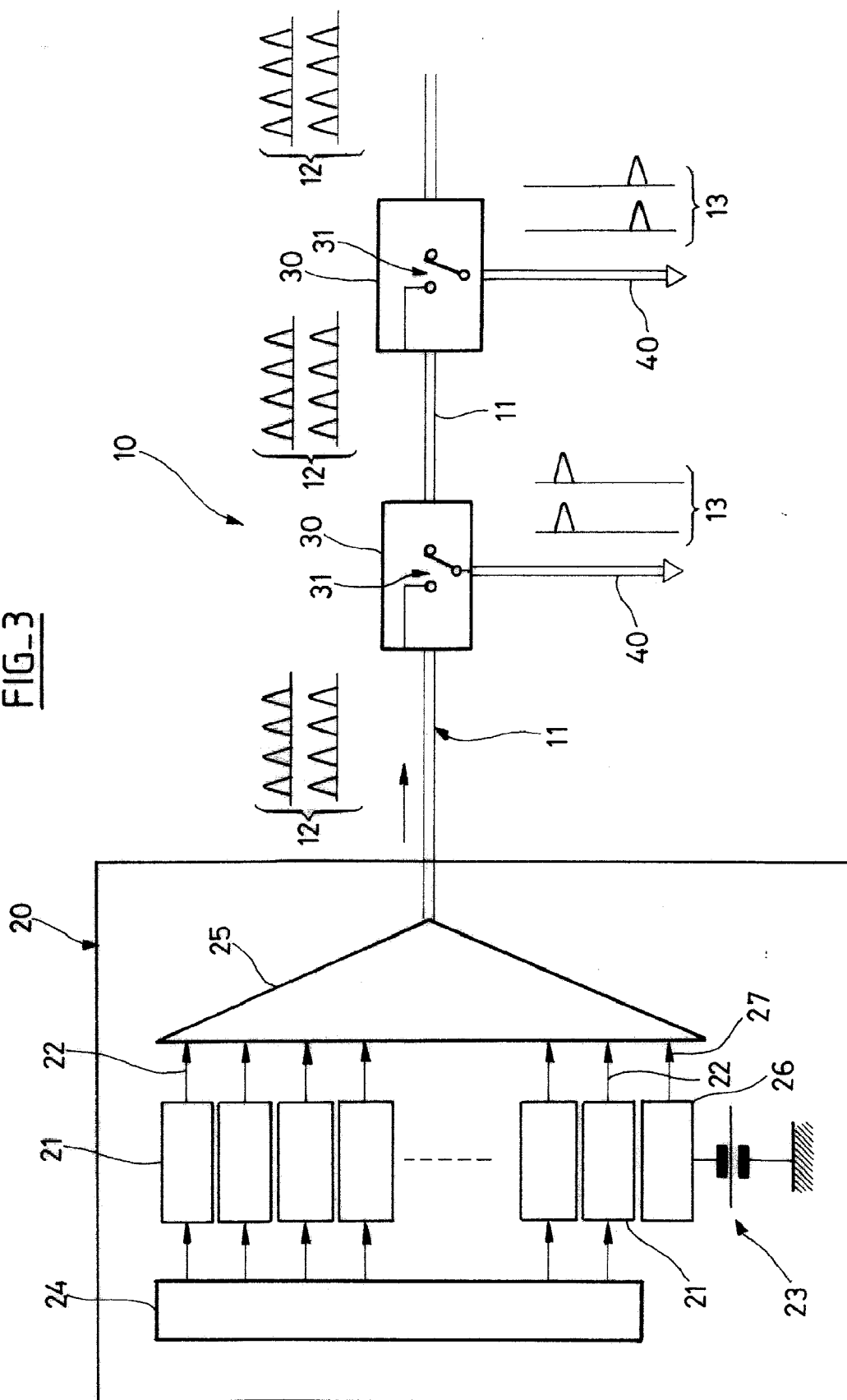
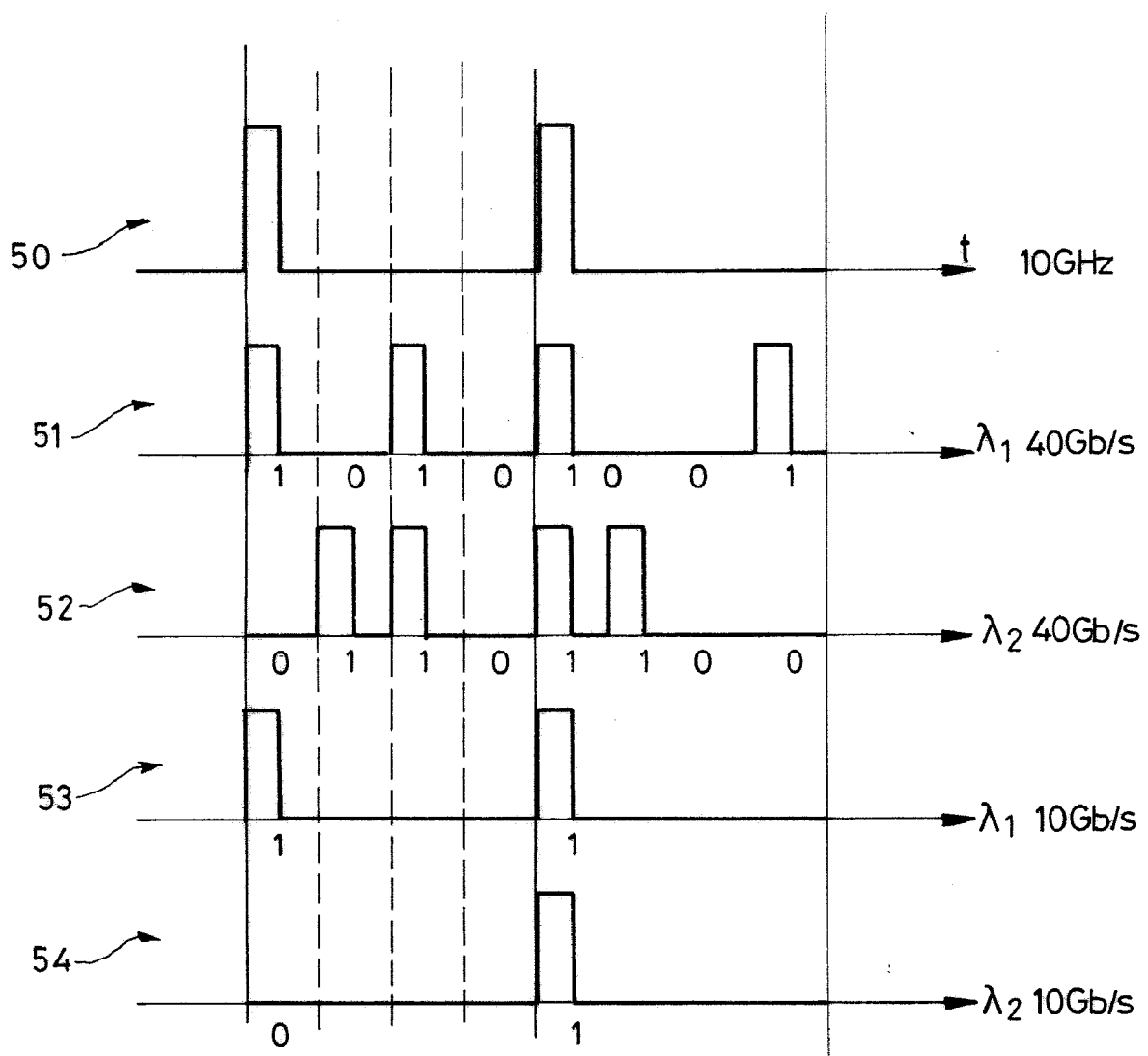
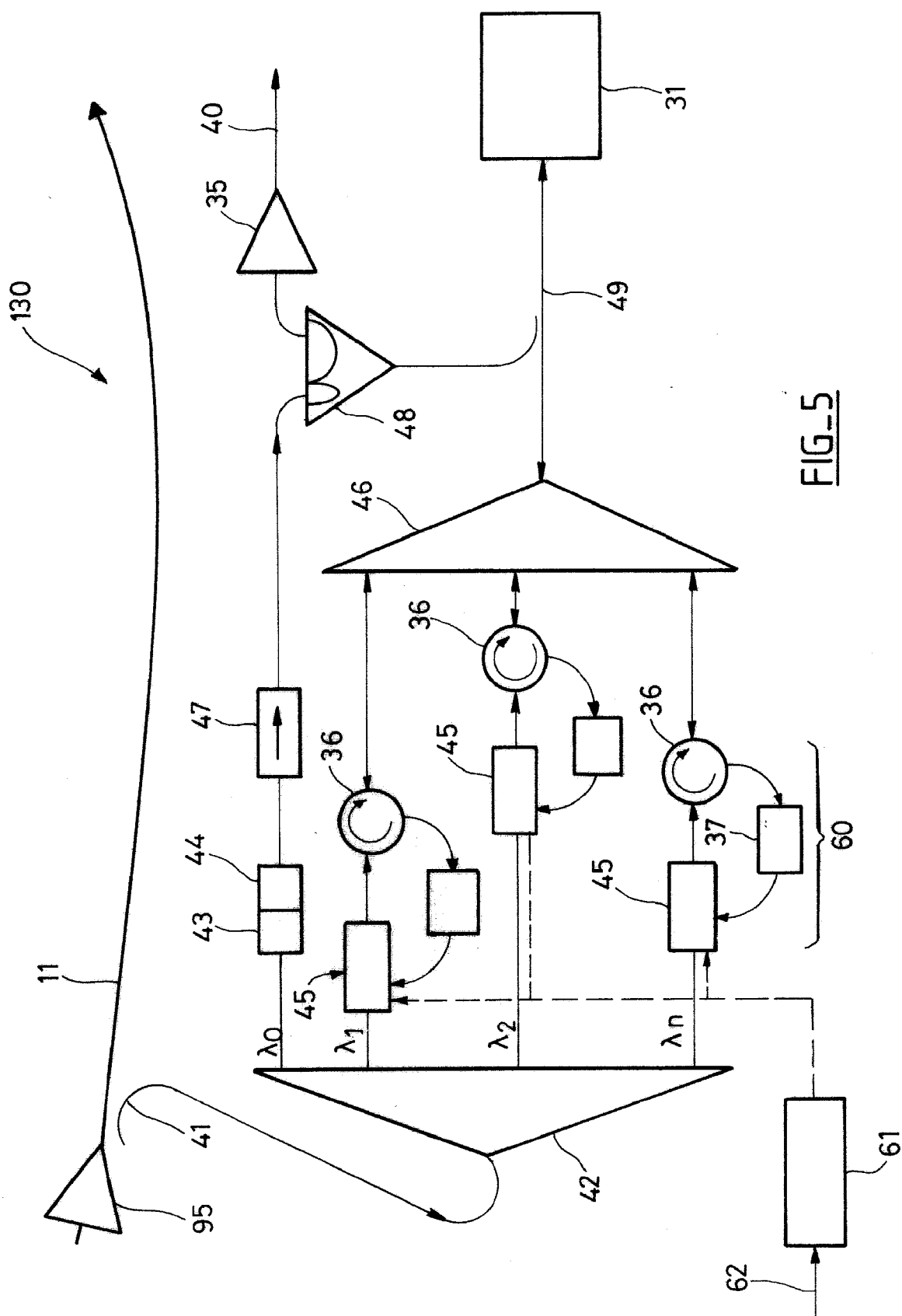


FIG-3



FIG_4





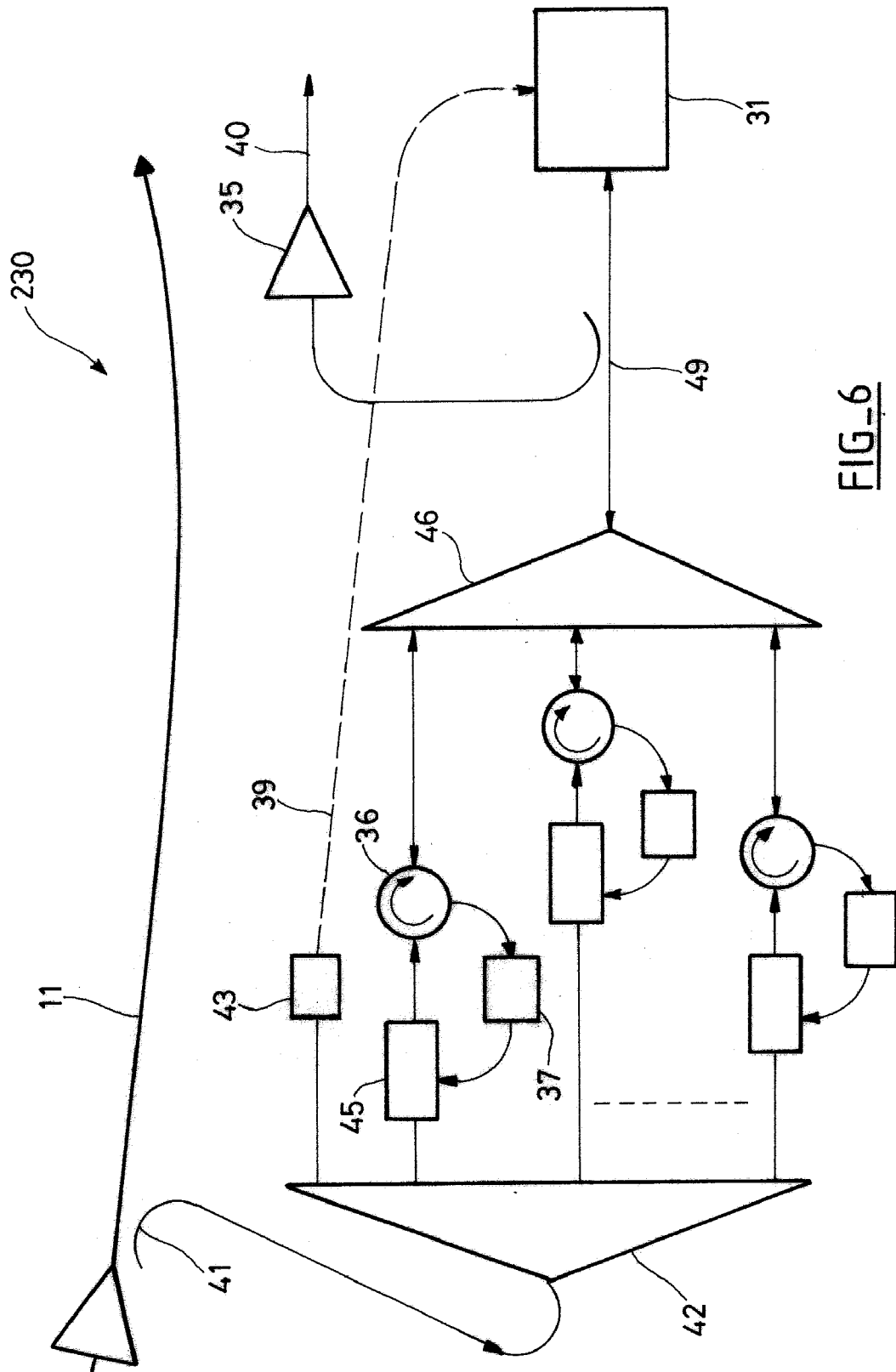


FIG-6

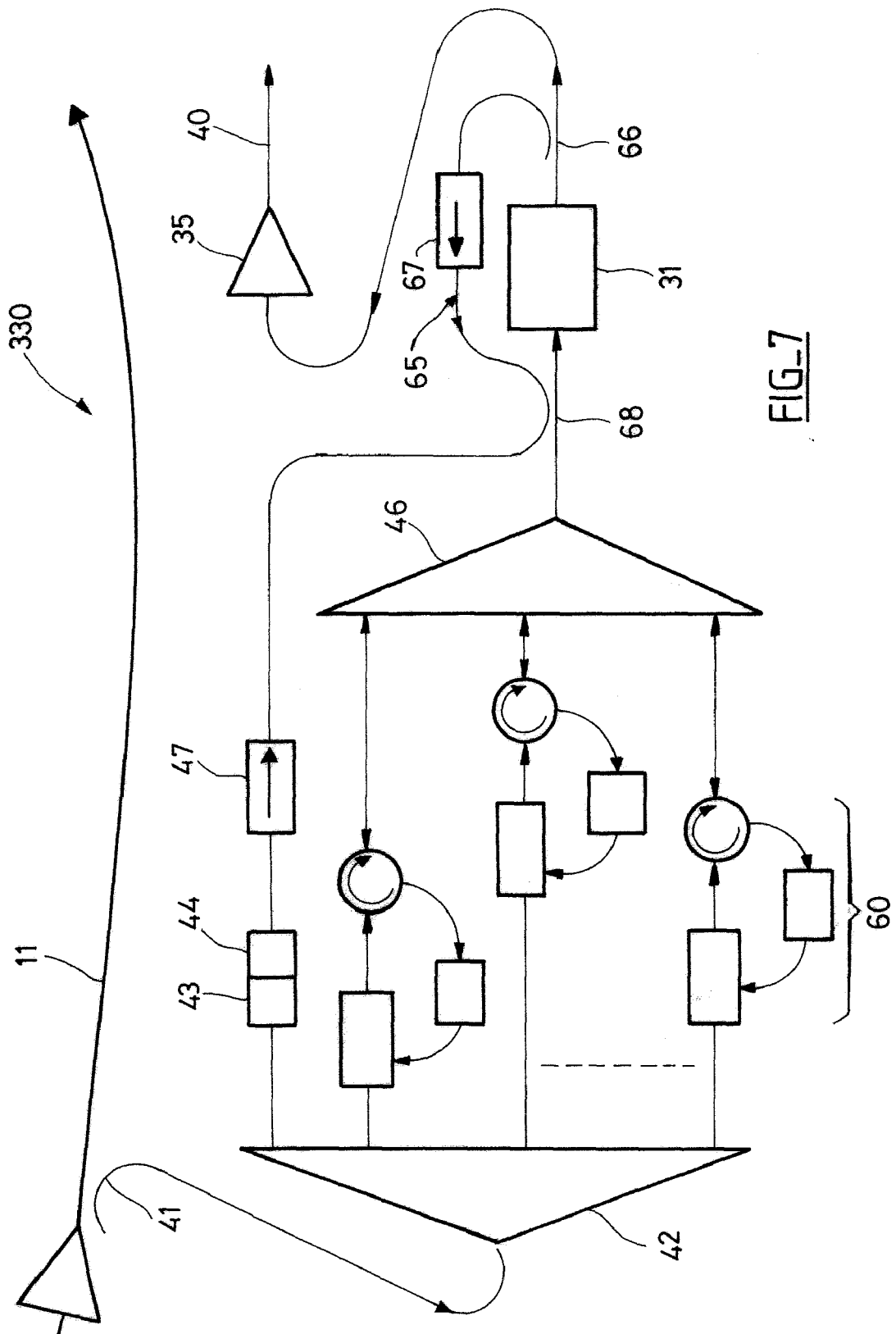
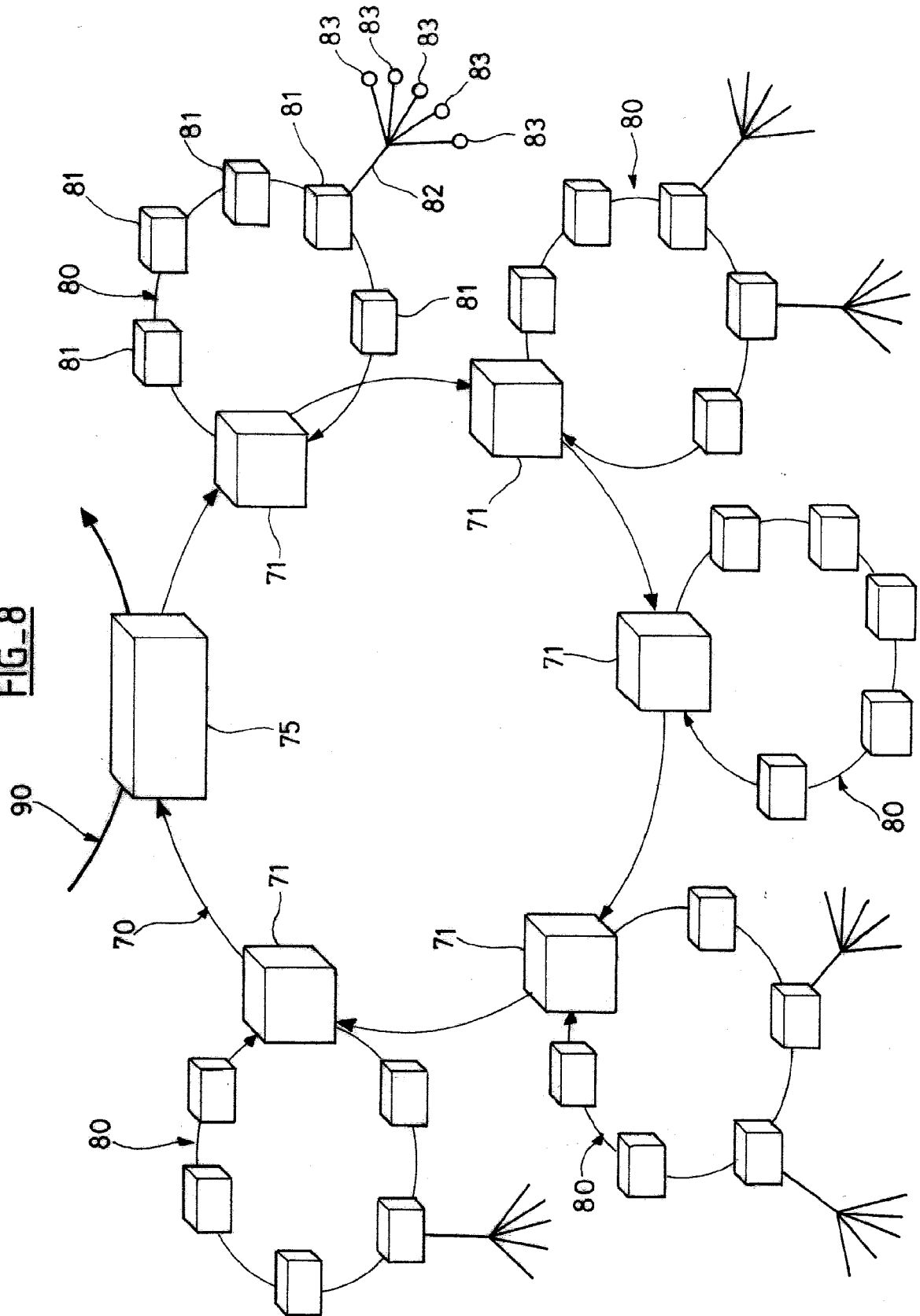


FIG-8



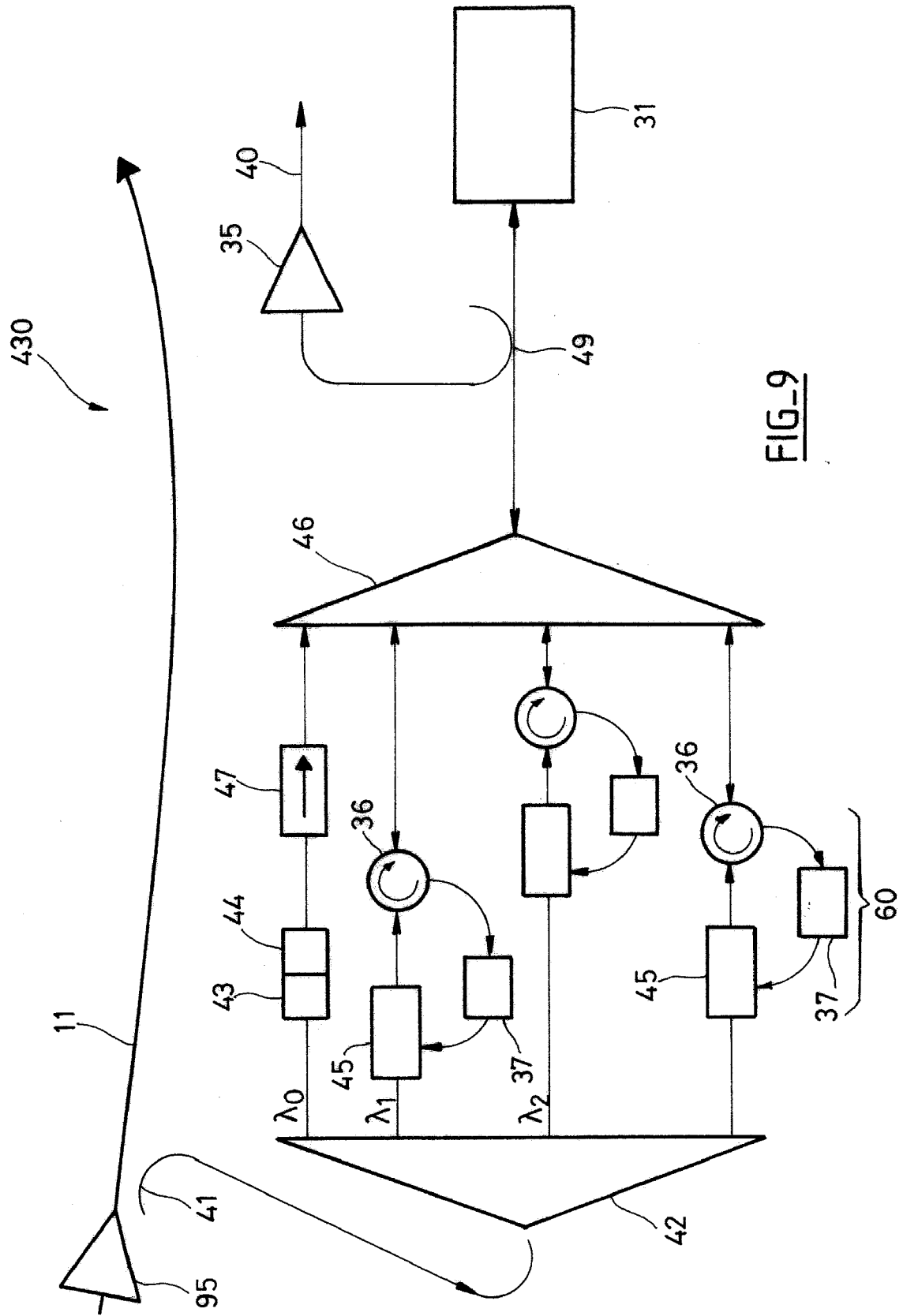


FIG-9

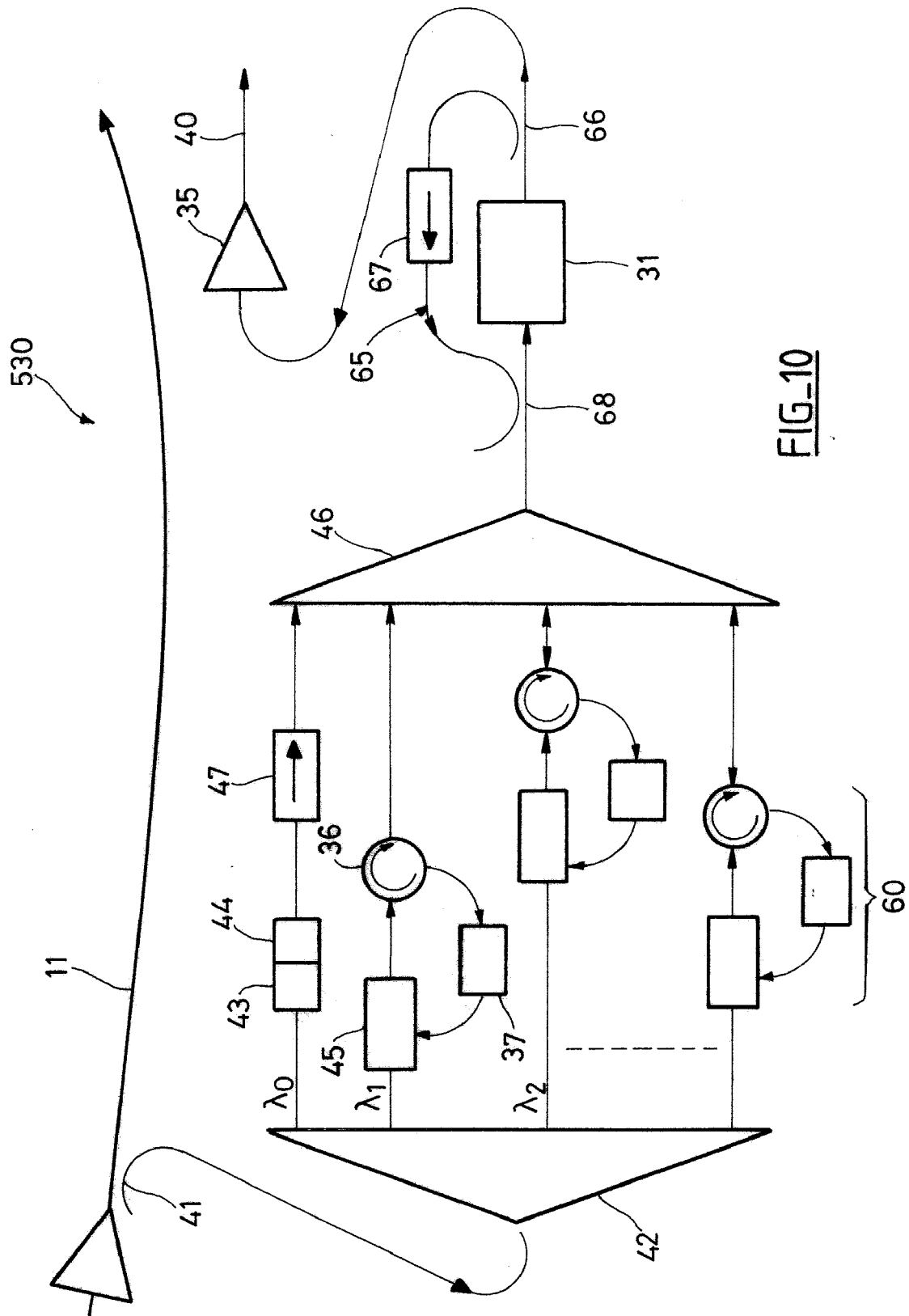
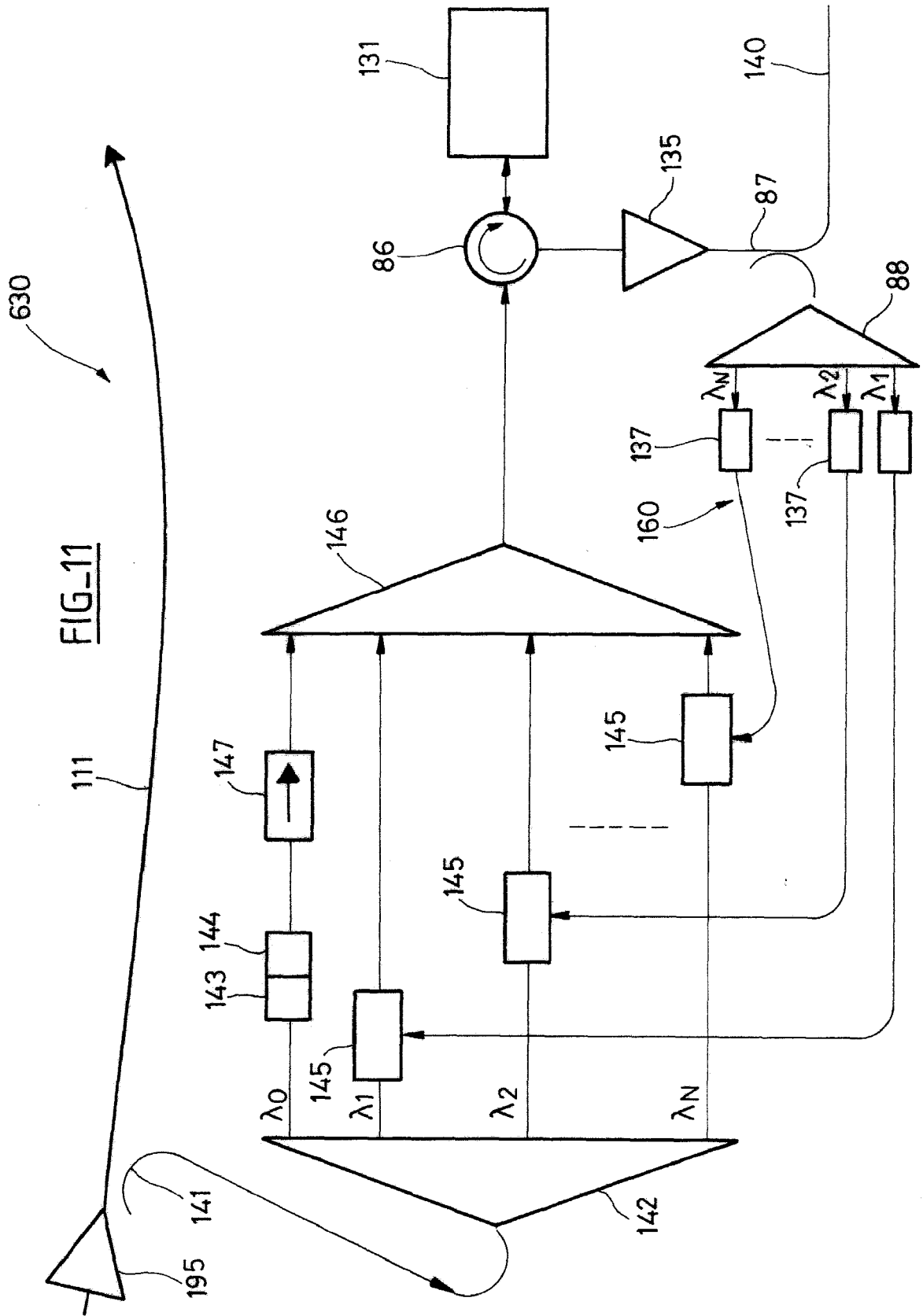
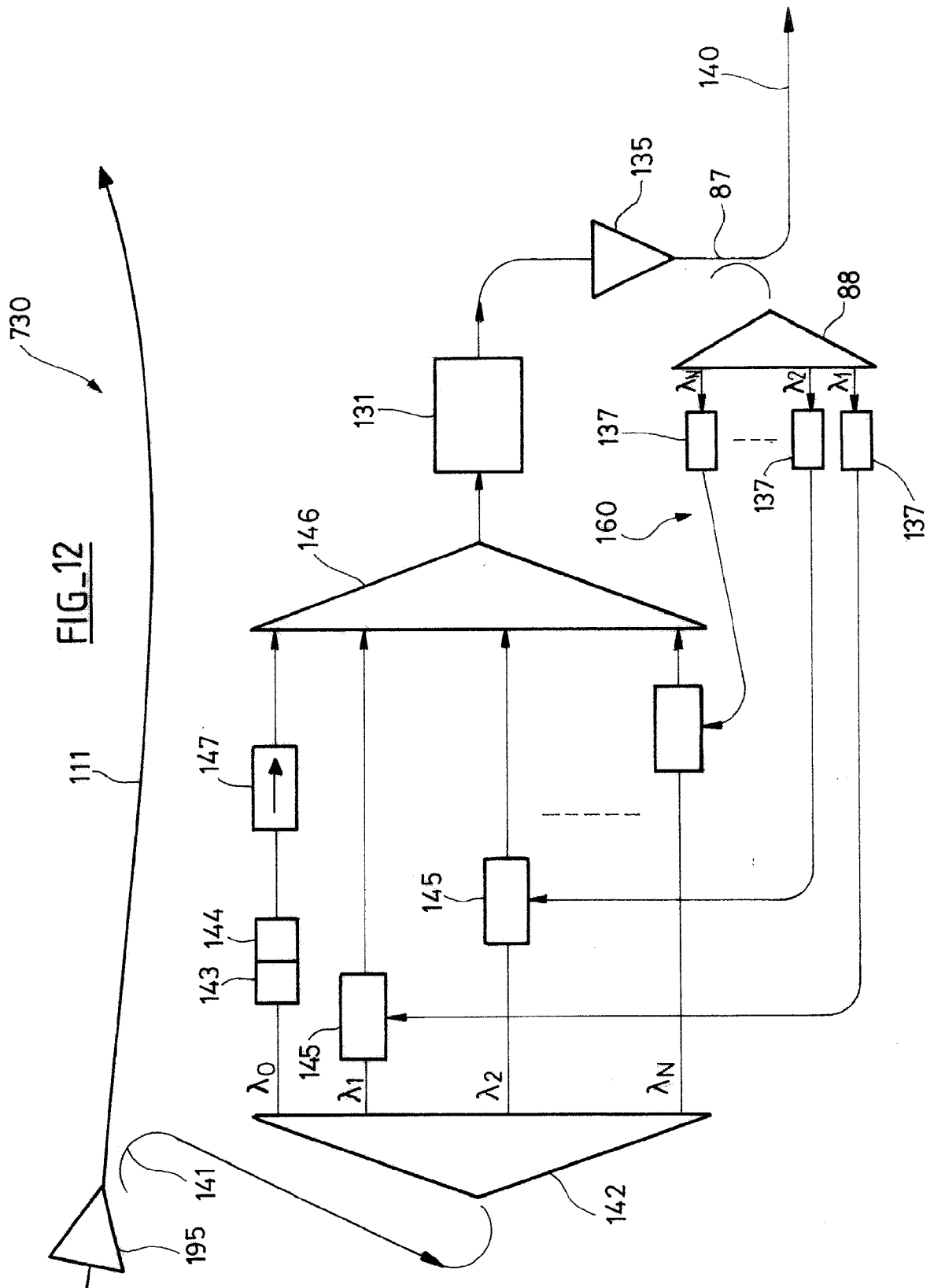


FIG-10







Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 08 30 5348

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	US 5 600 466 A (TSUSHIMA HIDEAKI [JP] ET AL) 4 février 1997 (1997-02-04) * abrégé * * colonne 5, ligne 1 - ligne 9 * * colonne 5, ligne 29 - colonne 9, ligne 62 * * colonne 11, ligne 48 - colonne 12, ligne 45 * * colonne 16, ligne 43 - ligne 49 * * colonne 21, ligne 48 - ligne 54 * * figure 7 *	1-16	INV. H04J14/08 H04J14/02 H04L7/00
X	US 2006/269291 A1 (KAGAWA MASATOSHI [JP] ET AL) 30 novembre 2006 (2006-11-30) * abrégé * * alinéa [0032] - alinéa [0057] * * alinéa [0067] - alinéa [0071] * * alinéa [0083] - alinéa [0100] * * figure 10 *	1-16	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) H04J H04L
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 11 août 2008	Examineur Chauvet, Christophe
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

1
EPO FORM 1503 03.02 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 08 30 5348

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

11-08-2008

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5600466	A	04-02-1997	AU 696430 B2	10-09-1998
			AU 1463395 A	15-08-1995
			CA 2181811 A1	03-08-1995
			EP 0741934 A1	13-11-1996
			JP 7212347 A	11-08-1995

US 2006269291	A1	30-11-2006	CN 1866795 A	22-11-2006
			JP 2006319899 A	24-11-2006

EPO FORM P0480

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Littérature non-brevet citée dans la description

- **D. ROUVILLAIN et al.** Optical 2R regenerator based on passive saturable absorber at 40 Gbit/s for WDM long haul transmission. *IEEE Electronics Letters*, vol. 38 (19), 1113-1114 **[0027]**